202025970

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本　(11)公開編號：TW 202025970 A

(43)公開日：中華民國 109 (2020) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：108141022　(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 11 月 12 日

(51)Int. Cl.：*A61B8/00 (2006.01)*　*B06B1/10 (2006.01)*

(30)優先權：2018/11/13　美國　62/760,887

(71)申請人：美商蝴蝶網路公司 (美國) BUTTERFLY NETWORK, INC.　(US)
美國

(72)發明人：法菲　凱斯　G FIFE, KEITH G. (US)；繆淩雲 MIAO, LINGYUN (CN)；劉　建威 LIU, JIANWEI (US)；羅斯貝格　強納森　M ROTHBERG, JONATHAN M. (US)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

申請實體審查：無　申請專利範圍項數：22 項　圖式數：4　共 22 頁

(54)名稱

用於微機械超音波換能器腔室的吸氣技術

(57)摘要

本發明提供一種形成超音波換能器裝置之方法，該方法包括將隔膜與暴露之吸氣材料層的至少一部分接合以密封換能器腔室，該吸氣材料層包含可相容用於鑲嵌製程中的雙層堆疊的一部分。

A method of forming an ultrasonic transducer device includes bonding a membrane to seal a transducer cavity with at least a portion of a getter material layer being exposed, the getter material layer comprising a portion of a bilayer stack compatible for use in damascene processing.

指定代表圖：

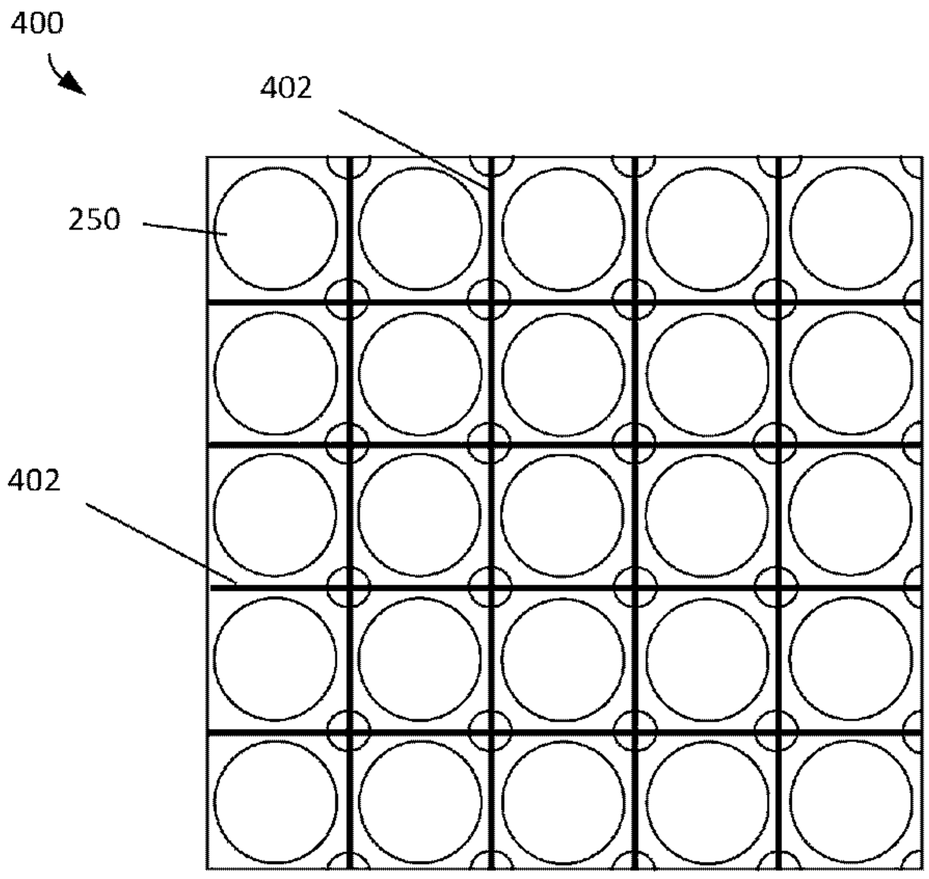


圖4

符號簡單說明：

250:超音波換能器

400:超音波換能器裝置

402:金屬

202025970

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用於微機械超音波換能器腔室的吸氣技術

【英文發明名稱】 GETTER TECHNOLOGY FOR MICROMACHINED ULTRASONIC TRANSDUCER CAVITIES

【中文】

本發明提供一種形成超音波換能器裝置之方法，該方法包括將隔膜與暴露之吸氣材料層的至少一部分接合以密封換能器腔室，該吸氣材料層包含可相容用於鑲嵌製程中的雙層堆疊的一部分。

【英文】

A method of forming an ultrasonic transducer device includes bonding a membrane to seal a transducer cavity with at least a portion of a getter material layer being exposed, the getter material layer comprising a portion of a bilayer stack compatible for use in damascene processing.

【指定代表圖】 圖4

【代表圖之符號簡單說明】

250:超音波換能器

400:超音波換能器裝置

402:金屬

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】　用於微機械超音波換能器腔室的吸氣技術

【英文發明名稱】　GETTER TECHNOLOGY FOR MICROMACHINED ULTRASONIC TRANSDUCER CAVITIES

【技術領域】

【0001】　本發明大體上係關於微機械超音波換能器，且更具體地說，係關於用於在微機械超音波換能器腔室中使用之薄膜吸氣材料及換能器製造技術。

相關申請案之交叉參考

【0002】　本申請案主張2018年11月13日申請之根據代理人案號B1348.70120US00且標題為「用於微機械超音波換能器裝置之薄膜腔室吸氣材料（THIN FILM CAVITY GETTER MATERIAL FOR MICROMACHINED ULTRASONIC TRANSDUCER DEVICES）」之美國臨時專利申請案第62/760,887號根據35 U.S.C. § 119(e)的優先權，該申請案以全文引用之方式併入本文中。

【先前技術】

【0003】　超音波裝置可用以使用具有比人類可聽頻率高之頻率的音波來執行診斷性成像及/或治療。在將超音波脈衝傳輸至組織中時,音波自組織反射，其中不同組織反射不同程度之音波。隨後可記錄此等所反射音波且以超音波影像顯示至操作者。音波信號之強度（振幅）及波用以前進穿過身體所花費的時間提供用於產生超音波影像之資訊。

【0004】　可使用包括懸掛在基板上方之可撓性隔膜之微機械超音波換能器來製造一些超音波成像裝置。腔室位於基板之部分與隔膜之間，使得基板、腔室與隔膜之組合形成可變電容器。當由適當電信號致動時，隔膜藉由振動產

生超音波信號。回應於接收到超音波信號，使得隔膜振動，且因此，產生輸出電信號。

【發明內容】

【0005】 在一個態樣中，一種形成超音波換能器裝置之方法包括將隔膜與所暴露之吸氣材料層的至少一部分接合以密封換能器腔室，吸氣材料層包含可相容使用於鑲嵌製程中的雙層堆疊之一部分。

【0006】 在另一態樣中，一種形成超音波換能器裝置之方法包括：在基板上方形成擴散障壁層；在擴散障壁層上方形成吸氣材料層；在吸氣材料層之第一部分上方形成金屬電極層；在金屬電極層上方形成換能器腔室；以及將隔膜與暴露之吸氣材料層之至少第二部分接合以密封換能器腔室。

【0007】 在另一態樣中，一種形成超音波換能器裝置之方法包括：在具有第一金屬層之基板上方形成雙層堆疊，雙層堆疊包含擴散障壁層及形成於擴散障壁層上之吸氣材料層；圖案化雙層堆疊；在被圖案化的雙層堆疊上方形成第一介電層；圖案化第一介電層以便暴露被圖案化的雙層堆疊之第一部分及第一金屬層之一部分，其中被圖案化的雙層堆疊之第二部分藉由被圖案化的第一介電層保護；在被圖案化的雙層堆疊之第一部分、第一金屬層之部分及被圖案化的第一介電層上方形成第二金屬層，且平坦化第二金屬層及被圖案化的第一介電層；在被平坦化的第二金屬層及被圖案化的第一介電層上方形成底部罩蓋層，且在底部罩蓋層上方形成換能器腔室側壁層；圖案化換能器腔室側壁層以定義換能器腔室；移除底部罩蓋層之一部分及被圖案化的第一介電層之第二部分以暴露吸氣材料層；以及接合隔膜以密封換能器腔室。

【0008】 在另一態樣中，一種超音波換能器裝置包括：基板，其具有形成於其中之第一金屬層，雙層堆疊包含擴散障壁層及形成於擴散障壁層上之吸氣

材料層；被圖案化的雙層堆疊，其形成於第一金屬層上方；第二金屬層，其形成於雙層堆疊之第一部分上；底部罩蓋層，其形成於第二金屬層上方；以及換能器腔室，其定義於底部罩蓋層及密封換能器腔室之隔膜上方；其中底部腔室層之一部分具有形成在其中之開口，以便暴露對應於雙層堆疊之第二部分的吸氣材料層。

【圖式簡單說明】

【0009】　申請案之各種態樣及具體實例將參考以下圖式進行描述。應瞭解，圖式未必按比例繪製。藉由出現於所有圖式中之相同參考標號來指示出現於多個圖式中之項目。

【0010】　[圖1A]是例示性微機械超音波換能器裝置之橫截面視圖。

【0011】　[圖1B]是在隔膜接合過程中由於高腔室壓力而具有分層缺陷之例示性微機械超音波換能器裝置之橫截面視圖。

【0012】　[圖1C]是由於靜摩擦效應而具有阻塞單元缺陷之例示性微機械超音波換能器裝置之橫截面視圖。

【0013】　[圖2]-1至2-10是說明根據具體實例之用於形成具有薄膜吸氣材料之微機械超音波換能器裝置的例示性製程之一系列橫截面視圖。

【0014】　[圖3]是描述圖2-1至2-10之例示性製程流程之流程圖。

【0015】　[圖4]是使用圖2-1至2-10及圖3之製程流程形成之實例超音波換能器裝置的俯視圖。

【實施方式】

【0016】　本文中所描述之技術係關於用於微機械超音波換能器腔室之薄膜吸氣材料之製造。

【0017】 適用於超音波成像裝置之一種類型之換能器為微機械超音波換能器（micromachined ultrasonic transducer；MUT），其可由例如矽製成且經配置以傳輸及接收超音波能量。MUT可包括電容式微機械超音波換能器（capacitive micromachined ultrasonic transducer；CMUT）及壓電微機械超音波換能器（piezoelectric micromachined ultrasonic transducer；PMUT），此兩者相較於更常規之換能器設計可提供若干優勢，諸如更低製造成本及更少製造時間及/或增大頻寬。相對於CMUT裝置，基本結構為具有存在於可撓性隔膜上或內之硬質底部電極及頂部電極的平行板電容器。因此，在底部電極與頂部電極之間定義腔室。在一些設計（諸如由本申請案之受讓人做出之設計）中，CMUT可直接整合在控制換能器之操作的積體電路上。製造CMUT之一種方式應為將隔膜基板接合至積體電路基板，諸如互補金屬氧化物半導體（complementary metal oxide semiconductor；CMOS）基板。此可在足夠低以防止對積體電路之裝置之損壞的溫度下執行。

【0018】 現開始參考圖1A，展示例示性微機械超音波換能器裝置100（諸如CMUT）之橫截面視圖。換能器裝置100包括通常由102指定之基板（例如，互補金屬氧化物半導體（CMOS）基板，諸如矽），其具有一或多個層，諸如：CMOS電路、佈線層、重新分佈層、絕緣/鈍化層以及可充當換能器底部電極的一或多個金屬電極層。基板102（包括換能器底部電極）可具有在其上形成之一或多個絕緣層，通常由層104指定。換能器腔室105藉由在堆疊104上所形成之支撐層106之微影圖案化及蝕刻來定義。支撐層106可為絕緣層，諸如例如SiO2，其剩餘部分提供與換能器隔膜108接合之支撐表面。

【0019】 在換能器隔膜108與支撐層106之接合期間，結構可經受相對高之壓力及/或暴露於一或多個接合副產物，諸如氮氣、氧氣以及水蒸氣。因此，在圖1B中說明此類處理之一個可能副作用。如所展示，高腔室壓力（例如，約10 atm

或更大）可導致隔膜108與支撐層106分層（由箭頭110指定）。

【0020】　此外，在換能器裝置100之操作期間，無論在傳輸模式及/或接收模式中，換能器隔膜108可與堆疊104之頂部（即，腔室105之底部表面）實體接觸，如圖1C中所描繪。此位置可指示如此項技術中已知之所謂的操作之「坍塌模式（collapse mode）」。「坍塌模式」（也可與術語「塌陷模式（collapsed mode）」互換使用）係指換能器操作之模式，其中微機械超音波換能器隔膜之至少一個部分係經機械地固定，且隔膜之至少一個部分基於電極與隔膜之間的改變電壓差而自由振動。一方面，在坍塌模式中操作微機械超音波換能器可優化藉由換能器製造之聲功率（輸出壓力）。另一方面，然而，在坍塌模式中操作之微機械超音波換能器之一個副作用可為電荷滯留（亦稱為「電荷捕獲（charge trapping）」），其中隔膜及/或底部腔室表面不當地儲存電荷或發生漏電流。因此，此電荷滯留可反過來不當地更改所施加電壓，而在裝置操作期間引起隔膜坍塌。用於圖1C中所展示之換能器100之坍塌模式的另一可能副作用可為靜摩擦，其與在隔膜108與腔室105之底部表面之間的接觸表面積之量相關聯，其中由於在隔膜接合期間腔室105中存在過量水分，故兩個表面無意中彼此黏在一起。

【0021】　因此，圖2-1至2-10係說明根據一具體實例之用於形成具有薄膜吸氣材料之微機械超音波換能器裝置的例示性製程流程之一系列橫截面視圖。此外，圖3係描述圖2-1至2-10之例示性製程流程之流程圖300。如將在下文進一步詳細說明，不僅薄膜金屬確實充當用於吸收特定腔室氣體物質以將腔室壓力維持在所需水準之吸氣劑，例示性製程流程亦能夠用高處理量金屬（例如，銅）鑲嵌製程技術順利地整合。

【0022】　圖2-1說明CMOS基板200，例如互補金屬氧化物半導體（CMOS）基板，諸如矽，該CMOS基板200具有一或多個層（通常由202指定），諸如：CMOS電路、佈線層、重新分佈層以及絕緣/鈍化層。具有約1至2微米（μm）之厚度之

金屬層204（例如，銅）形成於層202上，其中層間介電（interlevel dielectric；ILD）層206（例如，SiO2）形成於金屬層204及一或多個層202上方。ILD層206可具有約1至2 μm之厚度。應瞭解，圖2-1中描繪之各種層未必按比例展示，且特別地，CMOS基板200之一或多個層202可比隨後在其上形成的層厚。

【0023】 如圖中2-2所展示及在圖3之區塊302中所指示，包含擴散障壁層208及吸氣材料層210之雙層堆疊沈積於圖2-1之結構上。在一具體實例中，擴散障壁層208可由具有約8至12奈米（nm）之厚度之諸如氮化鉭（TaN）之材料形成，該材料在後續裝置處理期間有效地阻擋銅擴散。吸氣材料層210可為以約50至100 nm之厚度形成之較厚吸氣材料層，諸如Ta或Ti。當Ta為所選吸氣材料時，可簡化處理操作，因為可使用同一腔室來完成雙層堆疊沈積（例如，TaN沈積，繼之以關閉進入沈積腔室中之氮氣以形成Ta吸氣材料）。

【0024】 參考圖2-3及圖3之區塊304，（例如，藉由光微影及蝕刻來）圖案化雙層堆疊208/210。雙層堆疊材料之所得圖案可與換能器底部電極材料及換能器腔室吸氣材料之所需位置對應。在圖案化雙層堆疊208/210之後，ILD層212形成於所得結構上方，如圖2-4中所展示及在圖3之區塊306中所指示。可以約300至800 nm之厚度形成ILD層212，例如SiO2，且ILD層212可為具有對應於經圖案化雙層堆疊208/210之表面構形之所得表面構形的保形層。

【0025】 如接著在圖2-5中所展示及在圖3之區塊308中所指示，用雙層堆疊208/210充當蝕刻終止層來圖案化ILD層212（例如，藉由光微影及蝕刻）。ILD層212之圖案化亦可定義通孔214，其暴露金屬層204之一部分。在圖案化ILD層之後，如在圖3之區塊310中所指示，在結構上方實施鑲嵌金屬電鍍操作，隨後平坦化過量金屬，以形成圖2-6中所展示的結構。電鍍可包括形成晶種層（圖中未示）及最初以約1.5至2.5 μm厚之厚度形成之金屬層216（例如，銅）。接著執行化學機械拋光（chemical mechanical polishing；CMP）操作以拋光過量銅背面

且打磨出如圖2-6中所展示之現有表面構形。在CMP之後，剩餘的金屬層216可具有約200至300 nm之厚度，且亦如圖中2-6所展示，填充圖2-5中形成的通孔214以便與金屬層204電接觸。在所描繪具體實例中，金屬層216之區域217a接觸對應於換能器底部電極（例如，環形管狀電極）之金屬層204，而金屬層216之區域217b可對應於用於換能器之旁路金屬。然而，應瞭解，因為特定換能器底部電極圖案不係本發明之焦點，故預期，本發明具體實例亦可結合包括（但不限於）多個區段或環電極之若干其他換能器電極圖案及設計以及用於除底部電極之外的其他目的之額外金屬圖案來實現。

【0026】 前進至圖2-7，如圖3之區塊312中所指示，製程繼續形成底部腔室罩蓋層218及換能器腔室側壁層220。底部腔室罩蓋層218可為由在約20至30 nm之厚度下之原子層沈積（atomic layer deposition；ALD）形成的諸如氧化鋁（Al2O3）之薄膜層，且換能器腔室側壁層220可為在約200至300 nm之厚度下形成的SiO2。換能器腔室222接著藉由圖案化換能器腔室側壁層220來形成，如圖2-8中所說明及在圖3之區塊314中所指示。

【0027】 一旦完成腔室蝕刻，執行另一蝕刻以穿過底部腔室罩蓋層218及ILD層214來形成開口224，以便暴露吸氣材料層210之部分，如圖2-9中所說明及在圖3之區塊316中所描繪。特別地，吸氣材料層210之暴露部分對應於雙層堆疊208/210之特定位置，該等特定位置不用於電鍍金屬層216（即，由剩餘的ILD層210保護之位置）。因此，當薄膜層226接合至換能器腔室側壁層220以密封腔室222且定義超音波換能器250時，如圖2-10中所展示及在圖3的之區塊318中所指示，經暴露吸氣材料層210可吸收特定腔室氣體物質且有助於將腔室壓力維持在所需水準下。另外，藉由將吸氣材料與擴散障壁層208結合作為雙層堆疊之部分，吸氣製程方案有利地與高處理量鑲嵌製程技術結合。由此，如此項技術中已知之額外處理可繼續完成超音波換能器裝置之製造。應進一步理解，儘管所

說明具體實例描繪單個腔室以易於說明，但可形成任何適合數目個腔室及對應電極結構（例如，數百、數千、數萬等）。

【0028】 圖4說明可使用本文中所描述之例示性製程流程具體實例形成之實例超音波換能器裝置400的俯視圖。如所說明，換能器裝置400包括個別換能器250（諸如上文所描述之換能器）之陣列。圖4中所展示之特定數目個換能器250不應以任何限制性意義解釋，且可包括適用於所需成像應用之任何數目個，其可為例如約數十、數百、數千、數萬或更多個。圖4進一步說明可將電信號分佈至換能器250之隔膜（上部電極)的金屬402之實例位置。

【0029】 應進一步瞭解，儘管超音波換能器250之此部分之例示性幾何結構通常為圓形，但亦涵蓋其他型態，諸如矩形、六邊形、八邊形以及其他多邊形等。

【0030】 上述具體實例可以眾多方法中之任一者來實施。舉例而言，具體實例可使用硬體、軟體或其組合實施。當以軟體實施時，軟體程式碼可在任何適合處理器（例如，微處理器）或處理器之集合上執行，而不管提供於單一計算裝置中或分佈於多個計算裝置之間。應瞭解，執行上文所描述之功能的任何組件或組件之集合可大體上認為係控制上述功能之一或多個控制器。可以眾多方式實施一或多個控制器，諸如藉由專用硬體，或藉由使用微碼或軟體以執行上文所概述之功能的經程式化的通用硬體（例如，一或多個處理器）。

【0031】 本發明之各種態樣可單獨、組合或以前文中所描述之具體實例中未具體論述的多種配置使用，且因此不限於應用至前文描述中所闡述或圖式中所說明之組件之細節及配置。舉例而言，一個具體實例中所描述之態樣可以任何方式與其他具體實例中所描述之態樣組合。

【0032】 此外，技術之一些態樣可體現為方法，其中已提供實例。作為方法之部分而執行之動作可以任何合適的方式排序。因此，可建構如下具體實例：

其中動作以不同於所說明之次序的次序執行，其可包括同時執行一些動作，即使此等動作在說明性具體實例中展示為連續動作。

【0033】 在申請專利範圍中使用諸如「第一」、「第二」、「第三」等序數術語修飾請求項要素本身不意味著一個請求項要素相對於另一請求項要素的任何優先權、優先性或次序或執行方法動作之時間次序，而是僅用作標籤以區分具有某一名稱之一個請求項要素與具有相同名稱（但使用序數術語）之另一要素，從而區分該等請求項要素。

【0034】 此外，本文中所使用之措詞及術語出於描述之目的且不應視為限制性。本文中對「包括」、「包含」或「具有」、「含有」、「涉及」以及其變體的使用意謂涵蓋在其後所列出之項目及其等效物以及額外項目。

【0035】 在申請專利範圍中以及在上述說明書中，諸如「包含」、「包括」、「攜載」、「具有」、「含有」、「涉及」、「擁有」、「由……構成」及其類似者之全部過渡性片語應理解為開放的，即，意謂包括但不限於。僅過渡片語「由……組成」及「主要由……組成」分別應為封閉或半封閉過渡片語。

【符號說明】

【0036】

100:微機械超音波換能器裝置

102:基板

104:堆疊

105:換能器腔室

106:支撐層

108:換能器隔膜

110:箭頭

200:CMOS基板

202:層

204:金屬層

206:層間介電層

208:擴散障壁層

210:吸氣材料層

212:ILD層

214:通孔

216:金屬層

217a:區域

217b:區域

218:底部腔室罩蓋層

220:換能器腔室側壁層

222:換能器腔室

224:開口

226:薄膜層

250:超音波換能器

300:流程圖

302:區塊

304:區塊

306:區塊

308:區塊

310:區塊

312:區塊

314:區塊

316:區塊

318:區塊

400:超音波換能器裝置

402:金屬

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種形成超音波換能器裝置之方法，該方法包含：

將隔膜與暴露的吸氣材料層之至少一部分接合以密封換能器腔室，該吸氣材料層包含可相容用於鑲嵌製程中的一雙層堆疊之一部分。

【請求項2】如請求項1所述之方法，其中該雙層堆疊包含擴散障壁層及形成於該擴散障壁層上之該吸氣材料層。

【請求項3】如請求項2所述之方法，其中該擴散障壁層包含氮化鉭（TaN），且該吸氣材料層包含以下中之一者：鉭（Ta）或鈦（Ti）。

【請求項4】如請求項1所述之方法，其進一步包含：

圖案化該雙層堆疊且在該雙層堆疊之第一部分上形成金屬層，其中該吸氣材料層之暴露部分對應於其上沒有形成該金屬層的該雙層堆疊之第二部分。

【請求項5】如請求項4所述之方法，其進一步包含藉由形成穿過底部罩蓋層以及安置於該雙層堆疊之該第二部分上方的介電層之開口來暴露該吸氣材料層之該暴露部分。

【請求項6】一種形成超音波換能器裝置之方法，該方法包含：

在基板上方形成擴散障壁層；

在該擴散障壁層上方形成吸氣材料層；

在該吸氣材料層之第一部分上方形成金屬電極層；

在該金屬電極層上方形成換能器腔室；以及

將隔膜與暴露之該吸氣材料層之至少第二部分接合以密封該換能器腔室。

【請求項7】如請求項6所述之方法，其中該擴散障壁層包含氮化鉭（TaN），且該吸氣材料層包含以下中之一者：鉭（Ta）或鈦（Ti）。

【請求項8】如請求項6所述之方法，其進一步包含：

圖案化該吸氣材料層及該擴散障壁層；

在該吸氣材料層及擴散障壁層上方形成介電層；

圖案化該介電層以暴露該吸氣材料層之該第一部分；以及

在該吸氣材料層之該第一部分上方形成該金屬電極層。

【請求項9】如請求項8所述之方法，其中形成該金屬電極層進一步包含：

在該吸氣材料層之該第一部分及被圖案化的該介電層上方電鍍該金屬電極層；以及

平坦化被電鍍的該金屬電極層及被圖案化的該介電層，以使得該金屬電極層覆蓋該吸氣材料層之該第一部分且被圖案化的該介電層覆蓋該吸氣材料層之該第二部分。

【請求項10】如請求項9所述之方法，其進一步包含：

在被平坦化的該金屬電極層及被圖案化的該介電層上方形成底部罩蓋層；

在該底部罩蓋層上方形成換能器腔室側壁層；

圖案化該換能器腔室側壁層以定義該換能器腔室；以及

移除該底部罩蓋層之一部分及被圖案化的該介電層之部分以暴露該吸氣材料層的該第二部分。

【請求項11】一種形成超音波換能器裝置之方法，該方法包含：

在具有第一金屬層之基板上方形成雙層堆疊，該雙層堆疊包含擴散障壁層及形成於該擴散障壁層上之吸氣材料層；

圖案化該雙層堆疊；

在被圖案化的該雙層堆疊上方形成第一介電層；

圖案化該第一介電層以便暴露被圖案化的該雙層堆疊之第一部分及該第一金屬層之一部分，其中被圖案化的該雙層堆疊之第二部分藉由被圖案化的該第一介電層保護；

在被圖案化的該雙層堆疊的所述第一部分、該第一金屬層之該部分及被圖

案化的該第一介電層上方形成第二金屬層，並且平坦化該第二金屬層及被圖案化的該第一介電層；

在被平坦化的該第二金屬層及被圖案化的該第一介電層上方形成底部罩蓋層，並且在該底部罩蓋層上方形成換能器腔室側壁層；

圖案化該換能器腔室側壁層以定義換能器腔室；

移除該底部罩蓋層之一部分及該經被圖案化的該第一介電層之第二部分以暴露該吸氣材料層；以及

接合隔膜以密封該換能器腔室。

【請求項12】如請求項11所述之方法，其中該雙層堆疊包含擴散障壁層及形成於該擴散障壁層上之該吸氣材料層。

【請求項13】如請求項12所述之方法，其中該擴散障壁層包含氮化鉭（TaN），且該吸氣材料層包含以下中之一者：鉭（Ta）或鈦（Ti）。

【請求項14】如請求項12所述之方法，其中形成約8至10奈米（nm）之厚度的該擴散障壁層，且形成約50至100 nm之厚度的該吸氣材料層。

【請求項15】如請求項11所述之方法，其中該底部罩蓋層包含由原子層沈積（ALD）形成之氧化鋁（Al_2O_3）。

【請求項16】如請求項15所述之方法，其中形成約20至30 nm之厚度的該底部罩蓋層。

【請求項17】一種超音波換能器裝置，其包含：

基板，其具有形成於其中的第一金屬層、包含擴散障壁層之雙層堆疊以及形成於該擴散障壁層上的吸氣材料層；

被圖案化的雙層堆疊，其形成於該第一金屬層上方；

第二金屬層，其形成於該雙層堆疊之第一部分上；

底部罩蓋層，其形成於該第二金屬層上方；以及

換能器腔室，其定義於該底部罩蓋層及密封該換能器腔室之隔膜上方；

其中該底部腔室層之一部分具有形成在其中之開口，以便暴露對應於該雙層堆疊之第二部分的該吸氣材料層。

【請求項18】如請求項17所述之超音波換能器裝置，其中該雙層堆疊包含擴散障壁層及形成於該擴散障壁層上之該吸氣材料層。

【請求項19】如請求項18所述之超音波換能器裝置，其中該擴散障壁層包含氮化鉭（TaN），且該吸氣材料層包含以下中之一者：鉭（Ta）或鈦（Ti）。

【請求項20】如請求項18所述之超音波換能器裝置，其中形成約8至10奈米（nm）之厚度的該擴散障壁層，且形成約50至100 nm之厚度的該吸氣材料層。

【請求項21】如請求項17所述之超音波換能器裝置，其中該底部罩蓋層包含氧化鋁（Al_2O_3）。

【請求項22】一種形成超音波換能器裝置之方法，該方法包含：

藉由將隔膜接合至基板來密封一超音波換能器腔室，以使得該基板之吸氣材料層被暴露，該吸氣材料層包含鑲嵌製程材料的雙層堆疊之一部分。

【發明圖式】

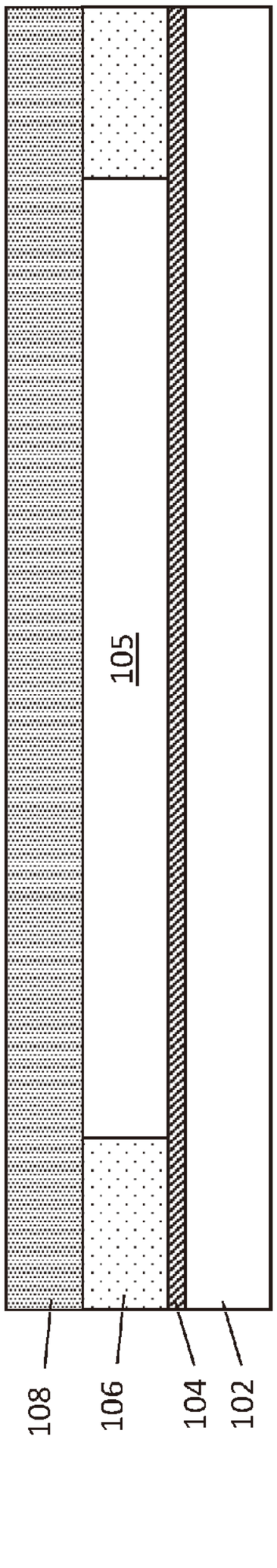


圖1A

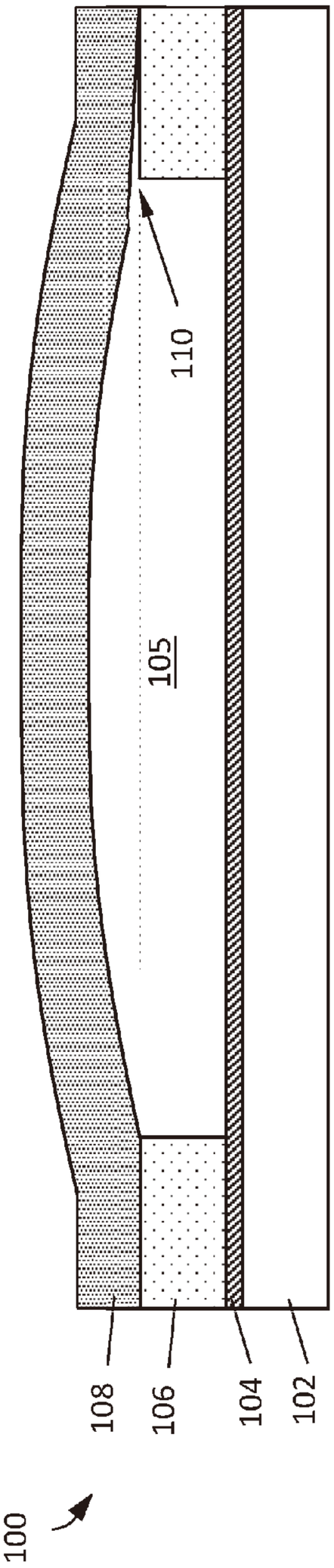


圖1B

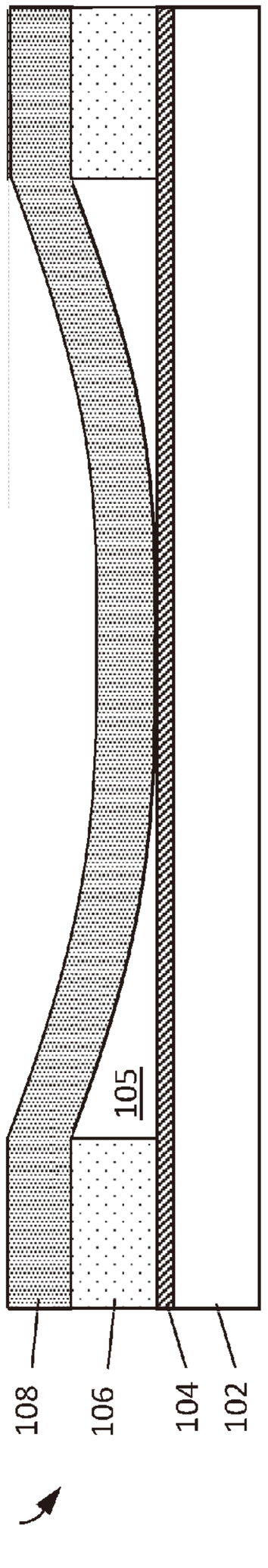


圖1C

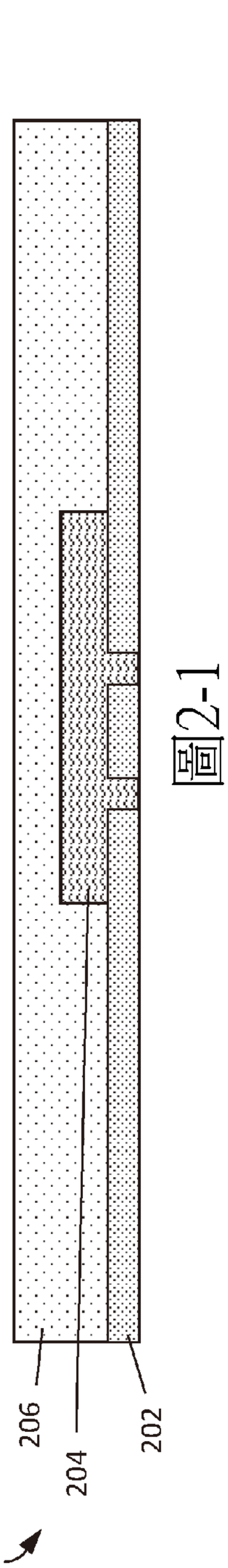


圖2-1

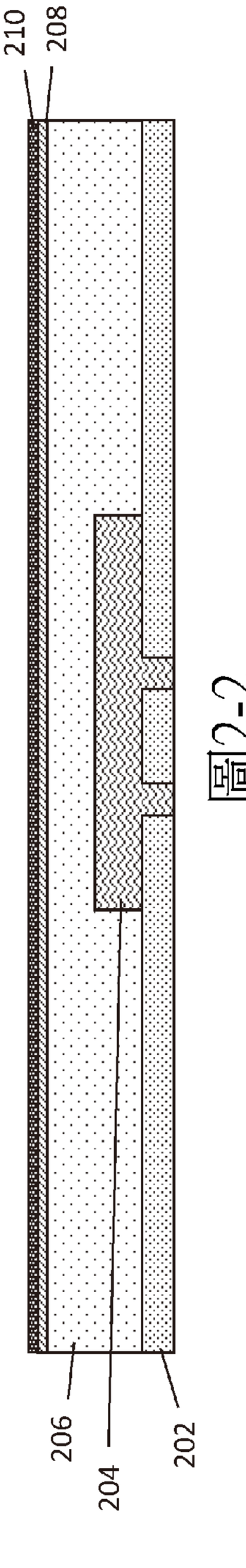


圖2-2

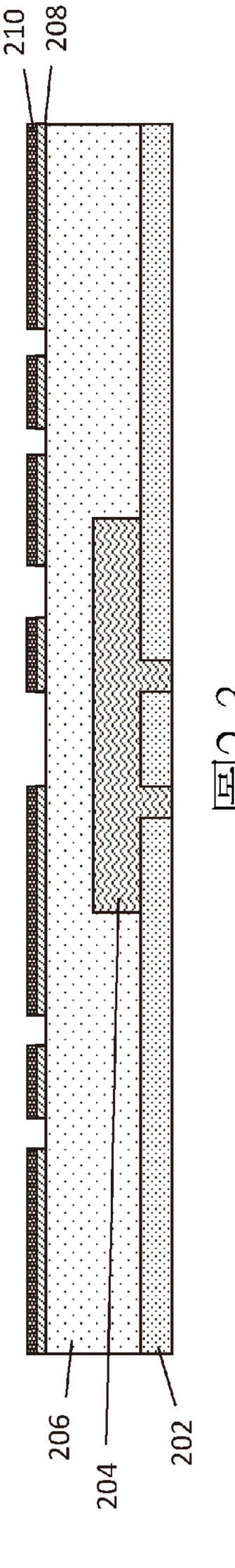


圖2-3

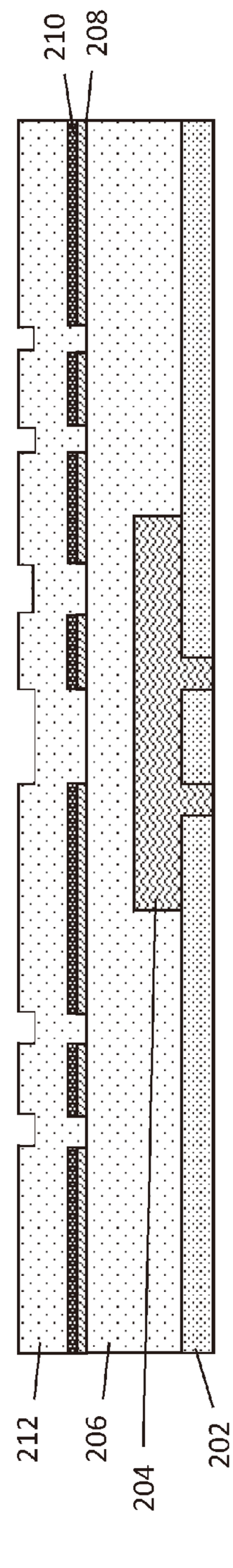


圖2-4

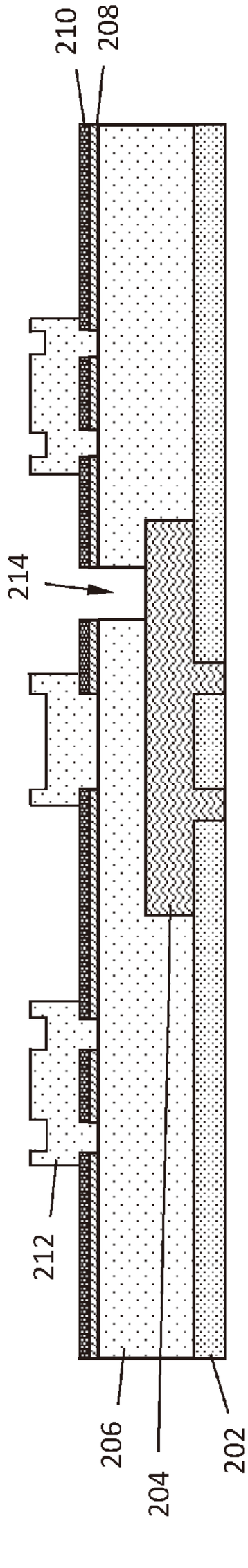

210
208
214
212
206
204
202

圖2-5

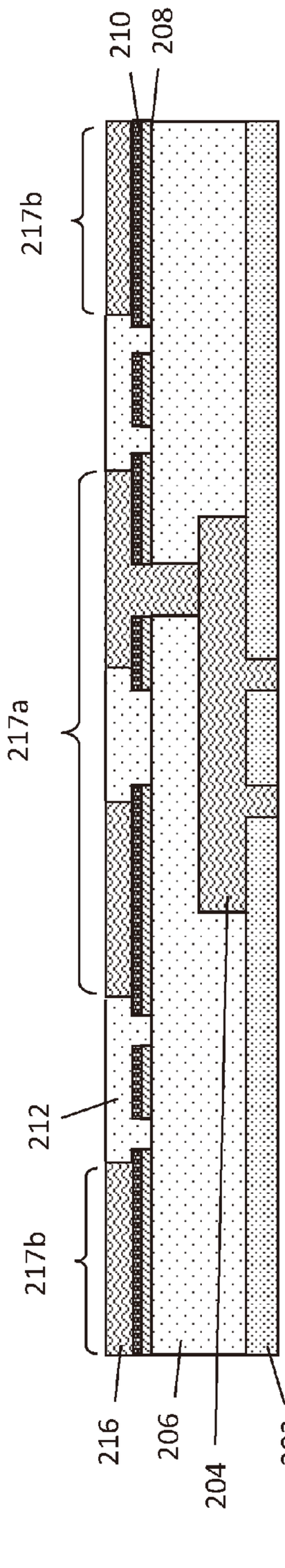

210
208
217b
217a
212
216
206
204
202

圖2-6

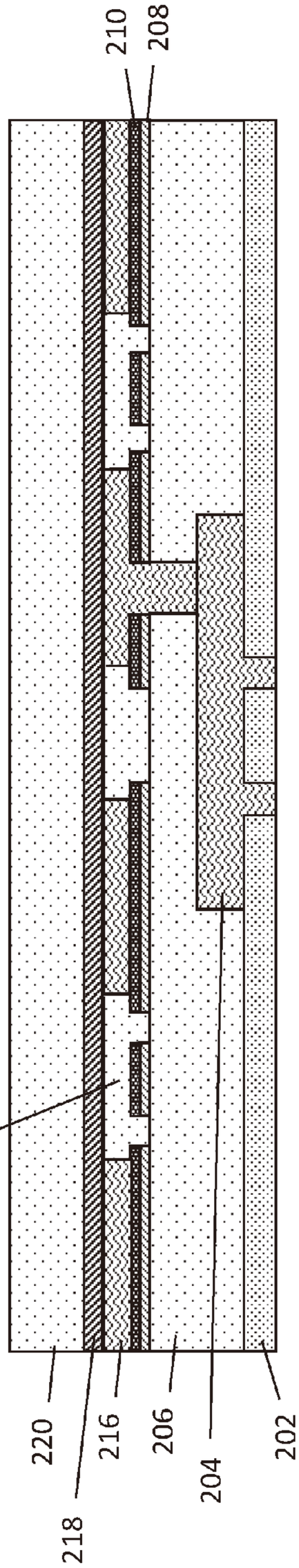

210
208
212
220
218
216
206
204
202

圖2-7

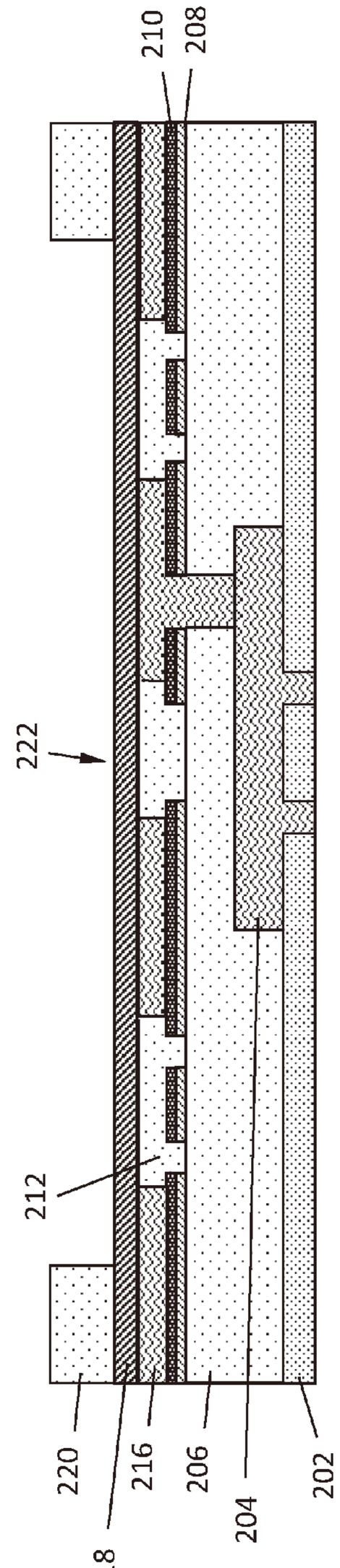

210
208
222
212
220
218
216
206
204
202

圖2-8

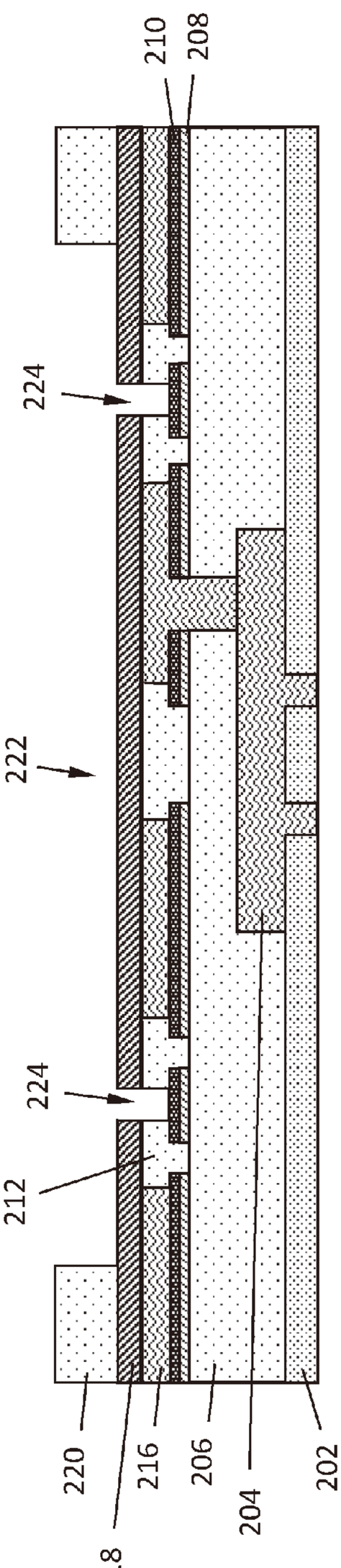

210
208
224
222
212
220
218
216
206
204
202

圖2-9

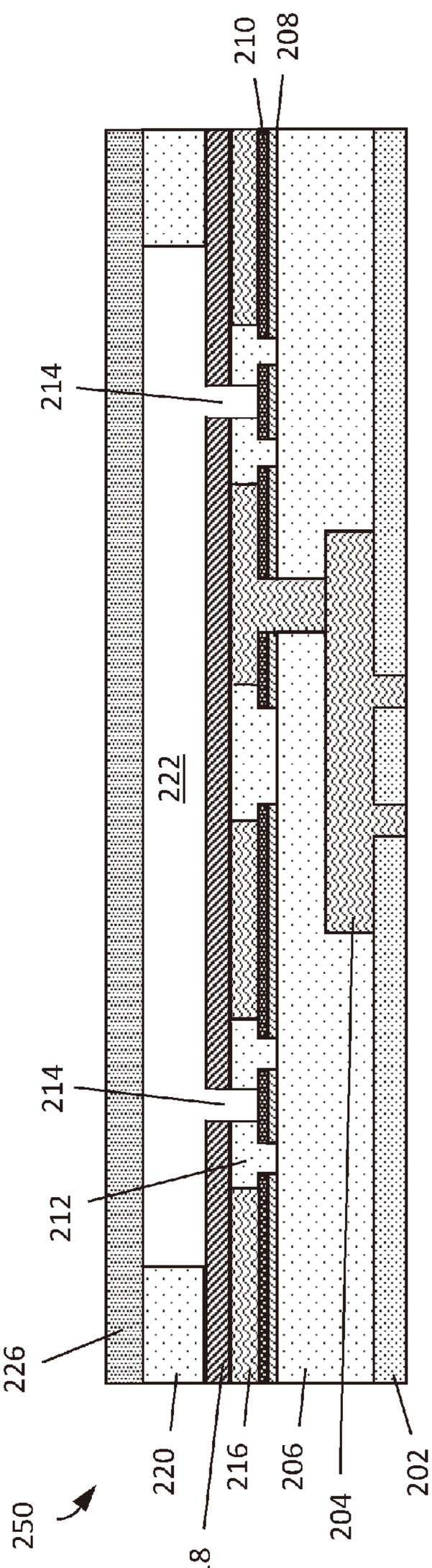

210
208
214
222
226
212
250
220
218
216
206
204
202

圖2-10

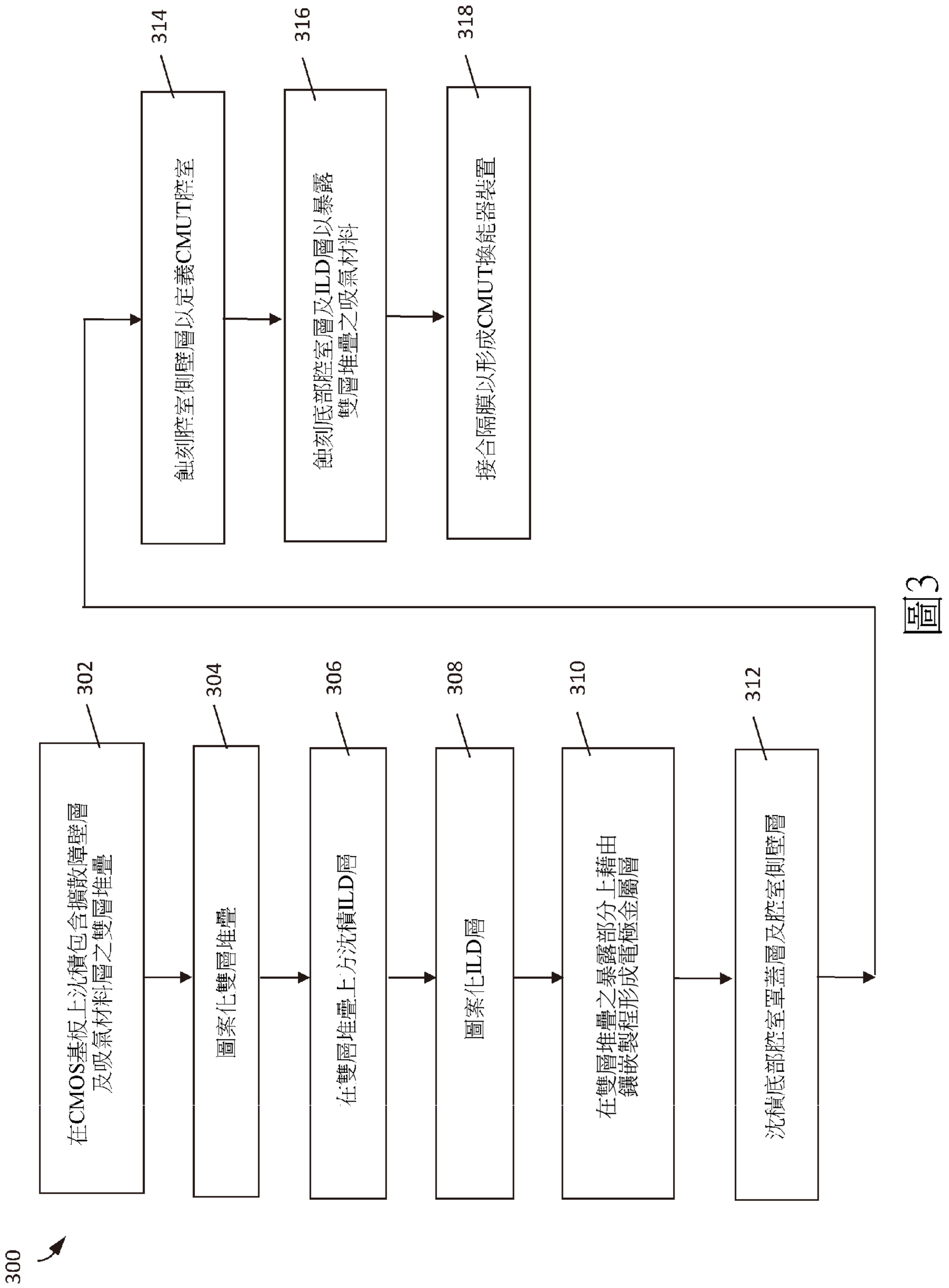

300
302
在CMOS基板上沈積包含擴散障壁層及吸氣材料層之雙層堆疊
304
圖案化雙層堆疊
306
在雙層堆疊上方沈積ILD層
308
圖案化ILD層
310
在雙層堆疊之暴露部分上藉由鑲嵌製程形成電極金屬層
312
沈積底部腔室罩蓋層及腔室側壁層
314
蝕刻腔室側壁層以定義CMUT腔室
316
蝕刻底部腔室層及ILD層以暴露雙層堆疊之吸氣材料
318
接合隔膜以形成CMUT換能器裝置

圖3

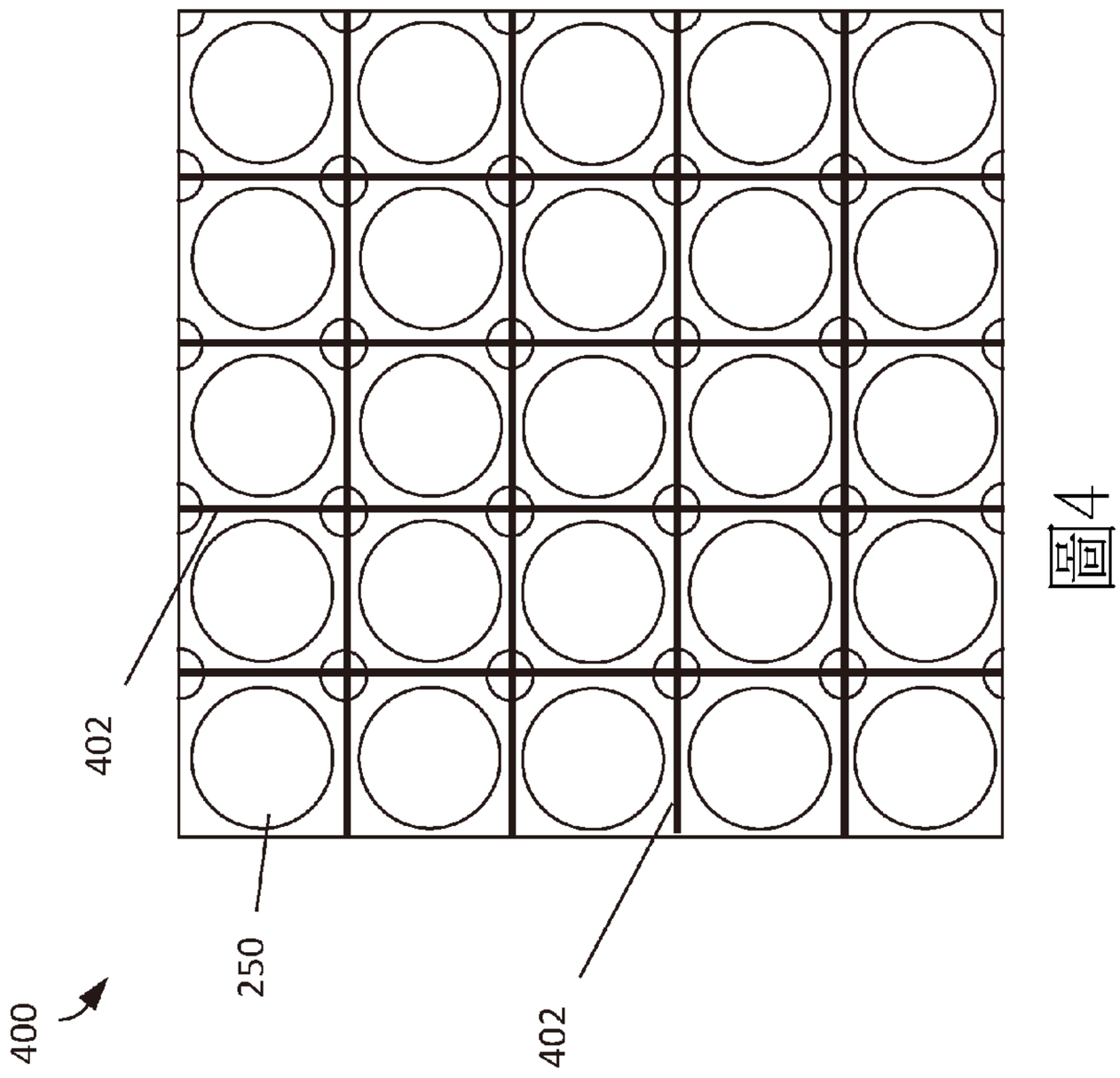


圖4